

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①1 **DE 3824292 A1**

②1 Aktenzeichen: P 38 24 292.3  
②2 Anmeldetag: 16. 7. 88  
④3 Offenlegungstag: 18. 1. 90

⑤1 Int. Cl. 5:  
**H01 Q 17/00**

H 01 B 1/18  
D 06 N 7/00  
B 32 B 27/18  
B 32 B 7/02  
// C08J 7/04,  
D06Q 1/00

DE 3824292 A1

⑦1 Anmelder:

Battelle-Institut eV, 6000 Frankfurt, DE

⑦2 Erfinder:

Grünthaler, Karl-Heinz, Dr., 6390 Usingen, DE;  
Poeschel, Eva, Dr., 6232 Bad Soden, DE; Köhling,  
Alfons, Dipl.-Ing., 6236 Eschborn, DE; Schettler,  
Gabriele, Dipl.-Ing., 6380 Bad Homburg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 30 12 772 C2  
DE-AS 21 51 349  
DE 35 39 961 A1  
DE 35 08 888 A1  
DE 35 07 889 A1  
DE 33 11 001 A1  
DE 30 24 888 A1  
DE 29 32 880 A1  
GB 14 90 594  
GB 14 08 236

US 47 38 882  
US 47 17 505  
US 42 28 194  
US 41 73 018

DE-Z: MÖBIUS, K.-H.: Elektromagnetische Ab-  
schirmung mit elektrisch leitfähigen Kunststoffen. In:  
Kunststoffe 78, 1988, 4, S. 345-350;  
DE-Firmenzeitschrift: EBNETH, Harold: Metallisierte  
textile Flächengebilde und ihre  
Anwendungsmöglichkeiten. In: Textilbetrieb,  
Januar/Februar 1982, S. 46-48;  
US-Z: LEE, C.K. et. al.: Equivalent-circuit models for  
frequency-selective surfaces at oblique angles of  
incidence. In: IEE Proceedings, Vol. 132, Pt.H, No. 6,  
October 1985, S. 395-399;

⑥4 Verfahren zur Herstellung von Dünnschichtabsorbern für elektromagnetische Wellen

Beschrieben wird ein Verfahren zur Herstellung eines  
Dünnschichtabsorbers für elektromagnetische Wellen,  
wobei elektrisch leitende Fasern in ein organisches Binde-  
mittel eingemischt werden und diese Mischung dann im  
Siebdruckverfahren auf ein elektrisch isolierendes Träger-  
material aufgebracht wird, wodurch eine Vielzahl elektrisch  
leitfähiger, voneinander isolierter Einzelstrukturen entste-  
hen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Herstel-  
lung derartiger Dünnschichtabsorber mit besonders gerin-  
gem Arbeitsaufwand.

DE 3824292 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Dünnschichtabsorbern für elektromagnetische Wellen.

Dünnschichtabsorber sind in der DE 35 08 888-A1 beschrieben. Sie bestehen aus einem elektrisch isolierenden Träger mit in oder auf dem Träger angeordneten, als gedämpfte Empfangsantennen wirkenden Einzelstrukturen. Die Einzelstrukturen bestehen aus Fasern, vorzugsweise Kohlenstoff oder Siliciumcarbid, sind flach ausgebildet und elektrisch leitfähig. Sie weisen eine mittlere Öffnung auf, deren Durchmesser etwa die Hälfte der zu absorbierenden Wellenlänge beträgt. Bei geeigneter Wahl des elektrischen Widerstandes und der Abmessungen von z.B. ringförmigen Einzelelementen wird eine als günstig zu betrachtende Kombination von Streuung und Absorption erreicht, die vor allem zur Tarnung von Metallflächen geeignet ist.

Diese DE-A1 gibt auch Verfahren zur Herstellung von Dünnschichtabsorbern an. So werden beispielsweise aus einem dünnen, leitfähigen Faservlies ringförmige Einzelstrukturen auf einen dünnen Träger aufgeklebt. In einem weiteren Verfahren wird das Faservlies direkt auf dem Träger hergestellt, indem wendelförmig gewickelte Faserbündel in Abschnitte vorgegebener Länge geschnitten und die lockenförmigen Faserabschnitte auf den mit Klebstoff beschichteten Träger gestreut und angepreßt werden.

Die vorgeschlagenen Verfahren sind alle sehr arbeitsaufwendig und damit nur bedingt geeignet, Absorber mit größeren Abmessungen herzustellen. Die Anwendungsmöglichkeit der Dünnschichtabsorber wird damit stark eingeschränkt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein rationell arbeitendes Fertigungsverfahren bereitzustellen, mit dem Dünnschichtabsorber großflächig mit geringem Arbeitsaufwand hergestellt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß elektrisch leitfähige Fasern in ein organisches Bindemittel eingemischt werden und diese Mischung dann im Siebdruckverfahren auf ein elektrisch isolierendes Trägermaterial aufgebracht wird, wodurch eine Vielzahl elektrisch leitfähiger, voneinander isolierter Einzelstrukturen entsteht.

Je nach Art des Bindemittels kann daher eine Nachbehandlung erforderlich sein.

Der besondere Vorteil des Verfahrens wird darin gesehen, daß durch die Anwendung des Siebdruckverfahrens die Fertigung großflächiger Dünnschichtabsorber rationell erfolgen kann und damit eine technische Anwendungsmöglichkeit für die Absorber geschaffen wird.

Weiter ist es vorteilhaft, daß — wie weiter unten dargelegt — die Kenndaten und Eigenschaften der Einzelstrukturen, wie z.B. Widerstand, Elastizität u.a., durch die Wahl der Formulierung der Mischung den erforderlichen Werten angepaßt werden können.

Ein weiterer wichtiger Vorteil ist es, daß nach diesem Verfahren auch komplizierte Formen und Muster der Einzelstrukturen hergestellt werden können, indem entsprechende Druckschablonen verwendet werden.

Die Dicke der Schichten kann durch die Menge der aufgetragenen Mischung eingestellt werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, aus denen sich weitere wichtige Merkmale ergeben:

Mit der Formulierung der Mischung hat man Werkzeug an der Hand, mit dem einmal die Verarbeitungseigen-

schaften beim Siebdrucken, zum anderen die Kenndaten und Merkmale der Einzelstrukturen in weiten Grenzen variiert werden können.

Als Fasermaterial eignen sich — wie schon in DE 35 08 888-A1 aufgeführt — aus Gründen der Leitfähigkeit und der mechanischen Festigkeit vor allem Kohlenstoff und Siliciumcarbid. Sie werden als Kurzfasern mit einer Länge von 0,1 bis 3 mm, vorzugsweise 0,1 bis 0,2 mm eingesetzt. Mischungen mit längeren Fasern können evtl. mit dem vorgesehenen Siebdruckverfahren nicht mehr problemlos verarbeitet werden. Für manche Mischungen kann der Zusatz von Leitfähigkeitsruß vorteilhaft sein, um die gewünschte Leitfähigkeit einzustellen.

Als Bindemittel werden organische Polymere bevorzugt. Auswahlkriterien — die sich u.a. aus dem vorgesehenen Verwendungszweck der Dünnschichtabsorber ableiten — sind hier eine gute Haftung zu den Fasern und dem Trägermaterial, Widerstandsfähigkeit gegen Knicken und Biegen und ausreichende Beständigkeit gegen Freibewitterung.

Die Polymere werden in Form von Lösungen oder Dispersionen oder auch als reaktive Systeme, die nach Zusatz eines Härters vernetzen, eingesetzt.

Die Mischung der Komponenten zu einer gebrauchsfertigen Druckpaste erfolgt mit Rührern und Knetern. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei der Verteilung der Fasern zu schenken; sie sollen möglichst homogen in dem Bindemittel verteilt sein. Der Aufschluß von Faserbündeln kann dabei durch an sich bekannte Verfahren erfolgen.

Für den Druckvorgang werden Schablonen verwendet, wie sie in der Siebdrucktechnik üblicherweise Anwendung finden. Besondere Anforderungen ergeben sich durch den Fasergehalt der vorbereiteten Mischungen, die als Druckpasten verwendet werden und die angestrebte Dicke der Einzelstrukturen, die weit oberhalb der in der Siebdrucktechnik aufgetragenen Schichtdicke liegt.

Die Geometrie der Struktur ist durch die Schablone festgelegt. Für unterschiedliche Geometrien werden deshalb im Regelfall verschiedene Schablonen verwendet. Es ist aber nicht schwierig, auch auf einer Schablone Strukturen unterschiedlicher Geometrie, z.B. ringförmige Elemente mit unterschiedlichem Innen-/Außendurchmesser, unterzubringen.

Die gewünschte Schichtdicke wird durch die Anordnung der Schablone und der Menge der aufgetragenen Druckpaste erreicht. Dabei ist es wichtig, die Viskosität der Druckpaste durch Zugabe eines Verdünnungsmittels so einzustellen, daß einmal ein einwandfreier Druckvorgang möglich ist, zum anderen die gedruckten Strukturen, die in dem Zustand noch weich und fließfähig sind, nicht auseinanderlaufen.

Eine Nachbehandlung der gedruckten Strukturen erfolgt im Regelfall bei erhöhter Temperatur. Hierbei kann, je nach verwendetem Bindemittel, das Dispergier- oder Lösemittel schneller verdunsten bzw. reaktive Systeme können schneller vernetzen.

Eine Charakterisierung der nach dem beschriebenen Verfahren hergestellten Dünnschichtabsorber erfolgte einmal durch Messung des elektrischen Widerstandes, zum anderen durch Bestimmung des Absorptionsvermögens im GHz-Bereich — hier im Vergleich zu einer metallischen Fläche. Die in den nachfolgenden Beispielen angegebenen Meßwerte der Dämpfung beziehen sich auf Messungen bei 35 GHz.

In den nachfolgenden Beispielen wird die Herstellung

von Dünnschichtradarabsorbern nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben.

#### Beispiel 1

In 100 g eines Bindemittels auf Polyacrylsäureesterbasis wurden langsam 30 g Kohlefasern mit einem Durchmesser von etwa 12 Mikrometer und einer mittleren Länge von etwa 200 Mikrometer eingetragen. Zur Viskositätsreduzierung wurden gleichzeitig maximal 5 g Wasser zugesetzt. Um eine homogene Verteilung der Fasern im Bindemittel zu erreichen, muß die Mischung z.B. mit einem Labor-Rührer 5 bis 10 Minuten kräftig gerührt werden.

Die Mischung wird nun im Siebdruckverfahren auf ein Baumwollgewebe mit einem Flächengewicht von 200 g/m<sup>2</sup> aufgedruckt. Die Strukturen waren als Ringe ausgebildet. Der Innendurchmesser betrug 6 mm, der Außendurchmesser 12 mm und der Ringabstand 1 mm. Die aufgetragene Menge wurde so gewählt, daß eine Ringdicke von etwa 0,1 mm erreicht wurde. Zur Trocknung wurden die Proben 24 h bei Raumtemperatur gelagert.

Die so erhaltenen Proben waren elastisch; Walk- und Faltbewegungen führten nicht zum Ablösen der aufgedruckten Strukturen. Der Widerstand eines einzelnen Ringes, von beiden Seiten ausgemessen, betrug 20 000 Ohm. Messungen der Absorption bei 35 GHz zeigten eine Dämpfung von etwa 12 dB.

#### Beispiel 2

Die Widerstandsfähigkeit der aufgedruckten Schichten kann noch erhöht werden, wenn als Bindemittel reaktive Siliconharze verwendet werden.

In 100 g eines reaktiven, niedrig viskosen Siliconharzes wurden 30 g Graphitfasern mit einer mittleren Länge von 200 Mikrometer eingebracht. Die Mischung wurde mit einem Labor-Rührer 10 Minuten kräftig gerührt, wobei zur Viskositätsminderung etwa 10 g Petroleumbenzin zugesetzt werden. Danach wurden 10 g eines Vernetzers zugesetzt und nochmals kräftig gerührt. Die fertige Mischung muß innerhalb von 2 Stunden verarbeitet werden, danach ist sie für die vorgesehene Verwendung nicht mehr gebrauchsfähig.

Wie in Beispiel 1 wird diese Mischung im Siebdruckverfahren auf ein Baumwollgewebe aufgetragen. Die Abmessungen der Ringstrukturen waren gleich. Zur schnelleren Vernetzung des Siliconharzes wurden die Proben einer Wärmebehandlung für 5 Minuten bei 150°C unterzogen.

Im Vergleich zu den Proben aus Beispiel 1 waren die mechanischen Eigenschaften im Hinblick auf eine Reiß- und Knickbeanspruchung noch günstiger. Der Widerstand eines einzelnen Ringes betrug etwa 12 000 Ohm; die bei 35 GHz gemessene Dämpfung etwa 15 dB.

#### Beispiel 3

Eine Probe wie in Beispiel 2 beschrieben — mit ringförmigen Strukturen auf der Vorderseite des Gewebes — wurde auf der Rückseite ebenfalls mit Ringstrukturen bedruckt, wobei die gleiche Mischung wie in Beispiel 2 verwendet wurde. Die Abmessungen der Ringstruktur waren aber vergrößert und zwar betrug der Innendurchmesser 12 mm, der Außendurchmesser 18 mm und der Ringabstand 1 mm.

Diese Probe zeigte über einen breiten Frequenzbe-

reich von 24 bis 36 GHz eine gleichmäßige Dämpfung von etwa 17 dB.

#### Beispiel 4

Die Wirksamkeit der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Dünnschichtabsorber kann zusätzlich gesteigert werden, wenn das Trägermaterial auf der Rückseite verspiegelt wird.

Hierzu wurde ein Polyestergerewebe verwendet, das einseitig mit einer Aluminiumfolie metallisiert war. Auf dieses Gewebe wurden Ringstrukturen aufgedruckt, wie in Beispiel 2 beschrieben.

Der Widerstand der Strukturen war naturgemäß mit den Werten von Beispiel 2 vergleichbar. Die Dämpfung bei 35 GHz war jedoch um 3 dB auf 18 dB erhöht.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Dünnschichtabsorbers für elektromagnetische Wellen, dadurch gekennzeichnet, daß elektrisch leitende Fasern in ein organisches Bindemittel eingemischt werden und diese Mischung dann im Siebdruckverfahren auf ein elektrisch isolierendes Trägermaterial aufgebracht wird, wodurch eine Vielzahl elektrisch leitfähiger, voneinander isolierter Einzelstrukturen entsteht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern aus Kohlenstoff und/oder Siliciumcarbid bestehen und eine Länge im Bereich von 0,1 bis 3 mm haben.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Bindemittel organische Polymere eingesetzt werden, die nach Abdunsten des Löse- bzw. Dispergiermittels oder nach Zusatz eines Vernetzers flexible, mechanisch belastbare Schichten bilden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischung aus Fasern und Bindemittel elektrisch leitende Feststoffe zugesetzt werden, vorzugsweise Ruß oder Graphit.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial auf der Ober- und der Unterseite bedruckt wird, wobei die Strukturen auf diesen beiden Seiten unterschiedliche geometrische Abmessungen haben.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial auf der Unterseite verspiegelt ist.

- Leerseite -